



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 31 005 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
G 01 B 7/012
G 01 D 11/14

⑳ Aktenzeichen: 197 31 005.2
㉔ Anmeldetag: 18. 7. 97
㉓ Offenlegungstag: 11. 2. 99

DE 197 31 005 A 1

⑦① Anmelder:
Leitz-Brown & Sharpe Meßtechnik GmbH, 35578
Wetzlar, DE

⑦④ Vertreter:
S. Knefel und Kollegen, 35578 Wetzlar

⑦② Erfinder:
Neumann, Jan, Dr., 35625 Hüttenberg, DE

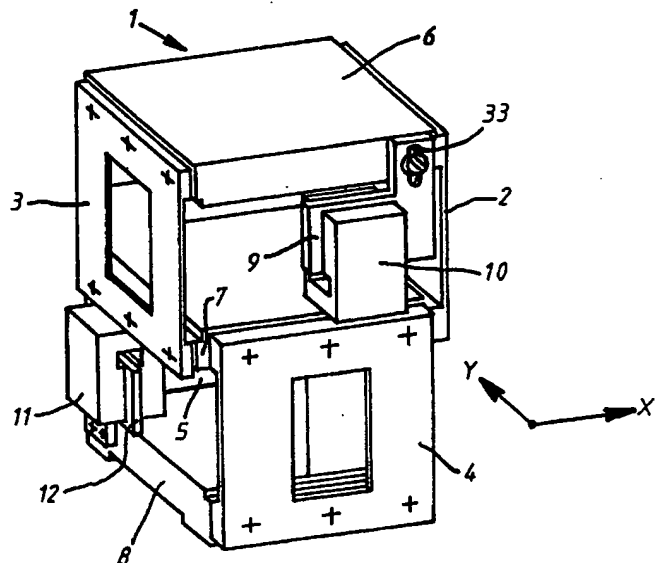
⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 1 95 01 178 A1
DE 44 24 225 A1
DE 40 01 981 A1
DE 36 25 636 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Tastkopf für Koordinatenmeßgerät

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen Tastkopf für ein Koordinatenmeßgerät, der zur Dämpfung der Bewegung des wenigstens einen beweglichen Teils des Tastkopfes wenigstens eine Wirbelstrombremse aufweist, deren Dämpfungskonstante einstellbar ist.



BEST AVAILABLE COPY

E 197 31 005 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Tastkopf für ein Koordinatenmeßgerät.

Tastköpfe für den Einsatz an Koordinatenmeßgeräten sind grundsätzlich bekannt. Man unterscheidet schaltende Tastköpfe, die bei Werkstückberührung ein Antastsignal abgeben und messende Tastköpfe, bei denen bei Berührung des Werkstückes eine Kennlinie aufgenommen wird, aus der der Antastpunkt berechnet wird. Unter den messenden Tastköpfen werden passive Tastköpfe, bei denen die Antastkraft durch Federn erzeugt wird und aktive Tastköpfe, bei denen die Antastkraft elektromagnetisch über elektronisch geregelte Meßkraftgeneratoren erzeugt wird, unterschieden.

Einzelne Meßpunkte auf der Werkstückoberfläche können sowohl mit einem schaltenden als auch mit einem messenden Tastkopf aufgenommen werden. Messende Tastköpfe können darüber hinaus auch zum Scannen, das heißt zur kontinuierlichen Aufnahme von Meßpunkten beim Abfahren der Werkstückoberfläche eingesetzt werden. Hierbei tritt in erheblich größerem Maße als bei der Einzelpunktantastung das Problem von Schwingungen auf, da beim Abfahren der Werkstückoberfläche von der Oberfläche selbst und von den Achsen des Koordinatenmeßgerätes Schwingungen eingekoppelt werden, die ein breites Frequenzspektrum umfassen.

Zur Lösung dieses Problems sind Dämpfungseinrichtungen am Tastkopf bekannt. So wird in der DE 44 24 225 A1 beschrieben, daß die bei einem aktiven Tastkopf ohnehin notwendige elektronische Meßkraftregelung als dämpfende Regelung ausgelegt werden kann. Bei einer solchen Dämpfung tritt jedoch oft das Problem einer frequenzabhängigen Phasenbeziehung zwischen Geschwindigkeit und Dämpfungskraft auf. Zusätzlich wird in der DE 44 24 225 A1 beschrieben, daß im Spulenkörper des Meßkraftgenerators, der auch der Abführung der im Meßkraftgenerator entstehenden Verlustwärme zu einem Kühlsystem dient, gleichzeitig Wirbelströme erzeugt werden, die ebenfalls dämpfende Wirkung haben. Dieses Gesamtsystem ist sehr kompliziert und aufgrund der elektronischen Komponenten nur schwer langzeitstabil zu halten.

An einen Tastkopf mit Dämpfungseinrichtung, der wirtschaftlich herzustellen sein soll, ist in der Praxis noch eine weitere Aufgabe gestellt:

Ein und derselbe Tastkopftyp muß zumindest an verschiedenen Baugrößen desselben Typs eines Koordinatenmeßgerätes, oft sogar an grundverschiedenen Typen von Koordinatenmeßgeräten einsetzbar sein. Da jedoch die Schwingungseigenschaften verschiedener Baugrößen und Typen von Koordinatenmeßgeräten teilweise sogar individuell sehr unterschiedlich sein können, sind eine optimale Funktion und eine wirtschaftliche Fertigung nur gewährleistet, wenn die Dämpfungscharakteristik des Tastkopfes bei der Montage oder Inbetriebnahme des Koordinatenmeßgerätes auf dessen Schwingungsverhalten eingestellt werden kann. Dasselbe gilt bei Koordinatenmeßgeräten mit Tastkopfwechsel für die Anpassung an unterschiedliche Tastkopfkombinationen.

Bekannte Dämpfungseinrichtungen in Tastköpfen sind nicht auf die Eigenschaften des Koordinatenmeßgerätes oder der Taststiftkombination einstellbar. Bei der in der DE 44 24 225 A1 beschriebenen Dämpfungseinrichtung ist zwar die elektronische Meßkraftregelung, nicht jedoch die parasitäre Wirbelstrombremse einstellbar. Bei der konstruktiven Auslegung des Spulenkörpers, in dem der Wirbelstromeffekt auftritt, müssen ganz andere Bedingungen erfüllt werden, insbesondere mechanische (als Spulenkörper), thermische (zur Ableitung der Verlustwärme der Spule) und elektrische Bedingungen (Unterdrückung von Wirbelströ-

men, die vom Spulenstrom verursacht werden)

Das der Erfindung zugrunde liegende technische Problem liegt darin, einen Tastkopf anzugeben mit einer einfachen, an verschiedene Koordinatenmeßgeräte oder Taststiftkombinationen anpaßbaren Dämpfungseinrichtung.

Dieses technische Problem wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Der erfindungsgemäße Tastkopf, der mit einer Wirbelstrombremse ausgebildet ist, deren Dämpfungskonstante einstellbar ist, hat den Vorteil einer bis zu sehr hohen Frequenzen streng konstanten Phasenbeziehung zwischen Geschwindigkeit und Dämpfungskraft. Die Wirbelstrombremse hat gegenüber anderen bekannten Dämpfungsprinzipien, wie Festkörper- oder Flüssigkeitsreibung, die weiteren Vorteile, daß keine Restauslenkung bei verschwindender Geschwindigkeit verbleibt, und daß keine Gefahr durch Verharzung oder Undichtigkeit des Flüssigkeitsbehälters beziehungsweise Reibung in den Dichtungen des Flüssigkeitsbehälters besteht. Beide Eigenschaften sind wichtig für eine langzeitstabile hohe Genauigkeit.

Die wenigstens eine Wirbelstrombremse, die in dem erfindungsgemäßen Tastkopf vorgesehen ist, dämpft die Bewegungen des beweglichen Teils des Tastkopfes in jeder einzelnen Richtung.

Erfindungsgemäß ist für jede Raumrichtung eine eigene Wirbelstrombremse vorgesehen, die gegebenenfalls für jede Raumrichtung unterschiedlich dimensioniert beziehungsweise eingestellt ist.

Es ist aber auch möglich, für mehrere Raumrichtungen nur eine Wirbelstrombremse vorzusehen. Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit, nur eine einzige Wirbelstrombremse für sämtliche Raumrichtungen vorzusehen.

Zur Wirbelstrombremse gehören jeweils mindestens ein Magnet, gegebenenfalls mit zusätzlichen Flußführungselementen, und mindestens ein metallisch leitendes Teil, vorzugsweise ein Kupferblech. Der Magnet kann am festen Teil einer Tastkopfschaukel angebracht sein und das Kupferblech am beweglichen Teil. Es ist auch der umgekehrte Aufbau möglich. Da die drei Tastkopfschaukeln in der Regel aufeinander aufbauen, kann die Masse des beweglichen Teils in jeder Raumrichtung unterschiedlich sein. Aus diesem Grund kann eine jeweils unterschiedliche Dimensionierung oder Einstellung erforderlich sein.

Das elektrisch leitfähige Metallteil ist erfindungsgemäß als Blech oder als eine Platte aus einem Material mit einem geringen elektrischen Widerstand, zum Beispiel Kupfer, Silber oder mit Silber beschichtetes Kupfer ausgebildet.

Die Dämpfungskonstante ist einstellbar durch Veränderung des magnetischen Flußkreises oder durch Veränderung der Geometrie der Anordnung von Magnet und Blech, insbesondere durch Veränderung der Luftspalte oder der Eintauchtiefe. Es kann aber auch durch die Auswahl von Magnet und Blech, insbesondere nach Material und Dicke des Bleches, eine Einstellung beziehungsweise Voreinstellung der erforderlichen Dämpfung vorgenommen werden.

Bei der Einstellung der Dämpfung sind folgende Grenzen zu beachten:

Eine zu schwache Dämpfung verhindert nicht das Auftreten von Resonanzen, wenn von der Werkstückoberfläche oder aus den Antrieben des Koordinatenmeßgerätes die Eigenfrequenz der Schwingung des beweglichen Teils des Tastkopfes eingekoppelt wird. Wird im geregelten Modus gescannt, bei dem die Tastkopf-Auslenkung auf einen Sollwert geregelt wird, so kann auch der Scanregler selbst noch zu diesen Resonanzen beitragen.

Andererseits verursacht eine zu hohe Dämpfung hohe Kräfte auf den Taststift, da das bewegliche Teil des Tastkopfes einer von der Werkstückoberfläche erzwungenen Aus-

lenkungsänderung nur gegen die Dämpfungskraft folgen kann. Diese Kräfte führen jedoch zu einer Biegung des Taststiftes, die auch bei gängigen Taststiftkombinationen von ähnlicher Größe wie die Tastkopf-Auslenkung sein kann. Diese Biegung kann nach bekannten Verfahren korrigiert werden, wenn die biegunserzeugende Kraft zur Tastkopf-Auslenkung proportional ist. Dies ist bei der Dämpfungskraft jedoch nicht der Fall; daher erfolgt auch keine entsprechende Korrektur. Dies äußert sich darin, daß bei einem zu stark gedämpften Tastkopf mit einem weichen Taststift beim Scannen an Oberflächenstrukturen, die die Taststift-Auslenkung rasch verändern, auch etwa an scharfen Kanten, große Meßfehler entstehen.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, auch solche Biegungsfehler rechnerisch zu korrigieren.

Die Dämpfungskonstante sollte daher nicht größer sein, als für ein bestimmtes Koordinatenmeßgerät beziehungsweise eine bestimmte Taststiftkombination erforderlich ist. In der Regel ist eine Einstellung nahe oder unterhalb der kritischen Dämpfung optimal. Der optimale Wert der Dämpfungskonstanten kann auch von der beim Scannen oder beim Antasten verlangten Leistung, das heißt Genauigkeit und Geschwindigkeit, abhängen.

In der Praxis kann die Einstellung der optimalen Dämpfung beispielsweise durch Scannen mit vorgegebener Geschwindigkeit an einem Wellennormal oder an einem Werkstück mit einer scharfen Kante erfolgen, wobei die Fähigkeit des Tastkopfes, plötzlichen Auslenkungsänderungen zu folgen und die maximale Schwingungsamplitude an einer glatten Kontur bewertet werden. Je nach Ergebnis des Tests wird eine niedrigere oder höhere Dämpfung gewählt. Diese Einstellung erfolgt bei der Typprüfung eines Koordinatenmeßgerätes, bei der Inbetriebnahme eines Koordinatenmeßgerätes oder, bei Koordinatenmeßgeräten mit Tastkopfwechsel, beim ersten Einsatz einer Taststiftkombination an einem Tastkopf.

Die einzelnen Wirbelstrombremsen sind untereinander und/oder gegen andere Subsysteme des Tastkopfes abgeschirmt. Vorteilhaft sind wesentliche Elemente des Tastkopfes aus unmagnetischem Material ausgebildet, insbesondere die Hauptteile der Schaukeln, die Anbringungsteile für die Wegaufnahmesysteme und die Taststiftaufnahme.

Vorteilhaft ist eine Kapselung der Wirbelstrombremse oder des gesamten Tastkopfes vorgesehen, um das Festsetzen von ferromagnetischen Staubteilchen oder Spänen am Magneten zu verhindern. Am "Ausgang" der Kapselung, das heißt an der Taststiftaufnahme, kann zusätzlich ein Fangmagnet angebracht sein.

Wird eine erfindungsgemäße Dämpfungseinrichtung an einem passiven Tastkopf, wie er beispielsweise in der deutschen Patentanmeldung 196 47 514.7-52 beschrieben wird, eingesetzt, so erhält man ein überaus einfaches System mit einstellbaren und langzeitstabilen Dämpfungseigenschaften. Ein solcher Tastkopf hat darüber hinaus noch die weiteren Vorteile eines passiven Tastkopfes, nämlich, daß die Antastkraft automatisch senkrecht auf der Werkstückoberfläche steht, und daß keine wesentliche Verlustwärme im Tastkopf frei wird. Damit sind keine aufwendigen Zusatzeinrichtungen zur Kompensation dieser Effekte notwendig. Die geringe Zahl von notwendigen Versorgungsleitungen kann problemlos auch über eine automatisch trennbare und verbindbare Schnittstelle geführt werden, so daß ein automatischer Tastkopfwechsel ermöglicht wird, was für bestimmte Anwendungen vorteilhaft ist. In diesem Fall trägt jeder Tastkopf eine feste Taststiftkombination.

Die beschriebenen Maßnahmen zur Einstellung der Dämpfung des Tastkopfes sind unumgänglich beim Scan-

nen, sind aber auch bei der Einzelpunktantastung mit einem messenden oder auch schaltenden Tastkopf vorteilhaft.

Vorteilhaft wird eine rechnerische Korrektur der Tastkopfkennlinie oder eine Filterung von Meßdaten zur Eliminierung von Schwingungen vorgenommen.

Weitere Einzelheiten der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden.

Auf der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, und zwar zeigen:

Fig. 1 zwei erfindungsgemäße Dämpfungsvorrichtungen für zwei Raumrichtungen;

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Dämpfungsvorrichtung für zwei Raumrichtungen;

Fig. 3 einen Tastkopf;

Fig. 4 ein Diagramm zur Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Fig. 1 zeigt einen Teil eines Tastkopfes (1) mit Parallelogramm-Federblechen (2, 3; 4, 5). Ein Teil (6) ist über die Parallelogramm-Federbleche (2, 3) gegenüber einem Teil (7) in X-Richtung auslenkbar. Das Teil (7) ist über die Parallelogramm-Federbleche (4, 5) gegenüber einem Teil (8) auslenkbar gelagert.

An dem Teil (6) ist ein Blech (9) fest angeordnet, welches durch ein zeitlich konstantes Magnetfeld eines Magneten (10) geführt ist. Der Magnet (10) ist als Hufeisenmagnet ausgebildet.

Durch den Magneten (10) und das Blech (2) erfolgt eine Dämpfung in X-Richtung. Eine Verstellmöglichkeit zur Einstellung der Dämpfung durch Veränderung der Eintauchtiefe ist durch ein Langloch (33) gegeben. Es ist aber auch möglich, beispielsweise eine Verstellschraube vorzusehen.

Das Teil (7) ist über die Parallelogramm-Federbleche (4, 5) gegenüber dem Teil (8) in Y-Richtung auslenkbar gelagert. An dem Teil (7) ist ein Magnet (11) fest angeordnet, in dessen Magnetfeld ein Blech (12) angeordnet ist, welches wiederum fest beziehungsweise einstellbar fest mit dem Teil (8) verbunden ist.

Der Magnet (11) und das Blech (12) stellen eine Dämpfungsvorrichtung für die Y-Richtung dar.

Der dargestellte Teil des Tastkopfes (1) weist für die X- und die Y-Richtung jeweils eine Dämpfungsvorrichtung (9, 10; 11, 12) auf. Für die Z-Richtung ist die Dämpfungsvorrichtung nicht dargestellt. Sie funktioniert aber analog.

Fig. 2 zeigt einen Tastkopf (13) mit einer Taststiftaufnahme (14). Der Tastkopf (13) weist eine Dämpfungsvorrichtung (15) auf, die gleichzeitig in X- und Z-Richtung dämpft. Die Dämpfungsvorrichtung besteht aus einem Magneten (16) und einem Blech (17).

Gemäß Fig. 3 weist der Tastkopf (13) drei Tastkopfschaukeln auf. Die erste Schaukel besteht unter anderem aus den Parallelogramm-Federblechen (23, 24), die in Z-Richtung auslenkbar sind. Zu der ersten Schaukel gehören Teile (18, 19).

Zu der zweiten Schaukel gehören Parallelogramm-Federbleche (25, 26) sowie Teile (20, 21, 22).

Zu der dritten Schaukel gehören Parallelogramm-Federbleche (27, 28) sowie Teile (29, 30) und die Taststiftaufnahme (14).

Darüber hinaus weist der Tastkopf (13) Meßwertgeber (31, 32) für die X- und Z-Richtung auf. Der Meßwertgeber für die Y-Richtung ist nicht dargestellt.

Die Dämpfungsvorrichtung (15) der Fig. 2 ist in Fig. 3 nicht dargestellt. Das Blech (17) der Dämpfungsvorrichtung (15) der Fig. 2 ist an der ersten Schaukel an dem Teil (18) und der Magnet (16) ist an der dritten Schaukel an dem Teil (30) befestigt. Hierdurch wird eine Dämpfung in zwei Richtungen, nämlich in der X- und der Z-Richtung, erreicht. Die Dämpfung in der Y-Richtung ist nicht dargestellt.

Fig. 4 zeigt, daß mit der Dämpfung eines beweglichen Teiles (34) des Tastkopfes nur die Dämpfung eines schwingungsfähigen Teilsystems vorgenommen wird. Schwingungsfähig ist auch ein maschinenfester Teil (35) des Tastkopfes, der über die Maschinenstruktur (Pinole, Schlitten, Portal) mit dem Werkstücktisch verbunden ist. Mit (36) ist das Werkstück beziehungsweise der Werkstücktisch bezeichnet.

D_1 stellt die Federkonstante der Maschinenstruktur dar, D_2 die Federkonstante der Tastkopffedern und D_3 die Federkonstante des Taststiftes.

Die Federkonstanten weisen beispielsweise folgende Größenordnungen auf:

$$\begin{aligned} D_1 &\approx 1 \text{ N}/\mu\text{m}, \\ D_2 &\approx 0,01 \text{ N}/\mu\text{m} \approx D_3. \end{aligned}$$

Die Dämpfung gemäß der erfindungsgemäßen Vorrichtung wirkt parallel zu D_2 . Gemäß der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird nur eine Dämpfung eines schwingungsfähigen Teilsystems, nämlich des beweglichen Teils (34) des Tastkopfes vorgenommen. Hierdurch erfolgt aber, zumindest bei Regelkreisschwingungen, auch eine indirekte Dämpfung des maschinenfesten Teils (35) des Tastkopfes. Das bedeutet, daß bei der Dämpfung des beweglichen Teils (34) des Tastkopfes beim geregelten Scanverfahren andere Teile durch diese Dämpfung beeinflußt werden.

Eine Einstellung der Dämpfungskonstanten nahe oder unterhalb der kritischen Dämpfung wird als optimal angesehen.

Geht man davon aus, daß die Masse des beweglichen Teils (34) des Tastkopfes beispielsweise bei 300 g liegt, ist als Richtwert für die kritische Dämpfung folgender Wert der Dämpfungskonstante anzugeben: 0,1 N/(mm/s).

Bezugszeichenliste

- 1 Teil eines Tastkopfes
- 2 bis 5 Parallelogramm-Federbleche
- 6 bis 8 Teile
- 9 Blech
- 10 Magnet
- 11 Magnet
- 12 Blech
- 13 Tastkopf
- 14 Taststiftaufnahme
- 15 Dämpfungsvorrichtung
- 16 Magnet
- 17 Blech
- 18, 19 Teile der ersten Schaukel
- 20, 21, 22 Teile der zweiten Schaukel
- 23 bis 28 Parallelogramm-Federbleche
- 29, 30 Teile der dritten Schaukel
- 31, 32 Meßwertgeber
- 33 Langloch
- 34 beweglicher Teil des Tastkopfes
- 35 maschinenfester Teil des Tastkopfes
- 36 Werkstück beziehungsweise -tisch
- D_1 Federkonstante Maschinenstruktur
- D_2 Federkonstante Tastkopffedern
- D_3 Federkonstante Taststift

Patentansprüche

1. Tastkopf für ein Koordinatenmeßgerät mit einem festen und wenigstens einem beweglichen Teil, dadurch gekennzeichnet, daß zur Dämpfung der Bewegung des wenigstens einen beweglichen Teils des Tast-

kopfes (13) wenigstens eine Wirbelstrombremse vorgesehen ist, deren Dämpfungskonstante einstellbar ist.

2. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Tastkopf als ein schaltender Tastkopf oder als ein im schaltenden Modus betriebener messender Tastkopf ausgebildet ist.

3. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Tastkopf (13) als ein messender Tastkopf ausgebildet ist.

4. Tastkopf nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Tastkopf als ein passiver messender Tastkopf (13) mit Federn (23 bis 28) zur Erzeugung der Meßkraft ausgebildet ist.

5. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für jede Raumrichtung je eine Wirbelstrombremse vorgesehen ist.

6. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für wenigstens zwei Raumrichtungen eine Wirbelstrombremse vorgesehen ist.

7. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Wirbelstrombremse für alle Raumrichtungen vorgesehen ist.

8. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wirbelstrombremse wenigstens einen Magneten (10, 11) und wenigstens ein elektrisch leitfähiges Metallteil (9, 12) aufweist.

9. Tastkopf nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Magnet (10, 11) als Hufeisenmagnet und/oder als Stabmagnet ausgebildet ist.

10. Tastkopf nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrisch leitfähige Metallteil (10, 11) ein Blech oder eine Platte aus einem Material mit geringem elektrischen Widerstand ist.

11. Tastkopf nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungskonstante als eine durch Veränderung des magnetischen Flußkreises oder der Geometrie der Anordnung von Magnet (10, 11) und Blech (9, 12) einstellbare Dämpfungskonstante ausgebildet ist.

12. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungskonstante durch Wahl der Komponenten der Wirbelstrombremse verändert wird, ohne andere Funktionen des Tastkopfes (13) zu verändern.

13. Tastkopf nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungskonstante durch Wahl von Dicke, Breite oder Material des Bleches (9, 12) verändert werden kann.

14. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wirbelstrombremsen untereinander und/oder gegen andere Subsysteme des Tastkopfes (13) abgeschirmt ausgebildet sind.

15. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wesentliche Elemente des Tastkopfes (13) aus unmagnetischem Material ausgebildet sind.

16. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Tastkopf gekapselt ist und eine Einrichtung zum Verhindern des Eindringens magnetischer Späne aufweist.

17. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Korrektur der Tastkopfkennlinie zur Eliminierung von Schwingungen oder eine Filterung der Meßdaten vornehmbar ist.

18. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungskonstante an das Schwingungsverhalten des Koordinatenmeßgerätes angepaßt einstellbar ist.

19. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungskonstante an das Schwingungs-

verhalten des Koordinatenmeßgerätes mit einer bestimmten Taststiftkombination angepaßt einstellbar ist.

20. Tastkopf nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungskonstante aufgrund des Ergebnisses eines Scan-Meßlaufs an einer Oberfläche mit definierten Wellen einstellbar ist. 5

21. Tastkopf nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungskonstante aufgrund des bei einer Antastung aufgenommenen Antastsignals einstellbar ist. 10

22. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Tastkopf für einen automatischen Tastkopfwechsel vorgesehen ist.

23. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine rechnerische Korrektur der Biegung, die der Taststift oder andere Elemente des Koordinatenmeßgerätes aufgrund der durch Dämpfung oder Beschleunigung des beweglichen Teils des Tastkopfes auf den Taststift ausgeübten Kräfte erfährt, vorgesehen ist. 15

24. Tastkopf nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß eine Meßeinheit für die Messung der auf den Taststift ausgeübten Kraft vorgesehen ist. 20

25. Tastkopf nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Biegungskorrektur von der Tastkopf-Auslenkung und von der ersten und/oder zweiten zeitlichen Ableitung der Tastkopf-Auslenkung abhängig ist. 25

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

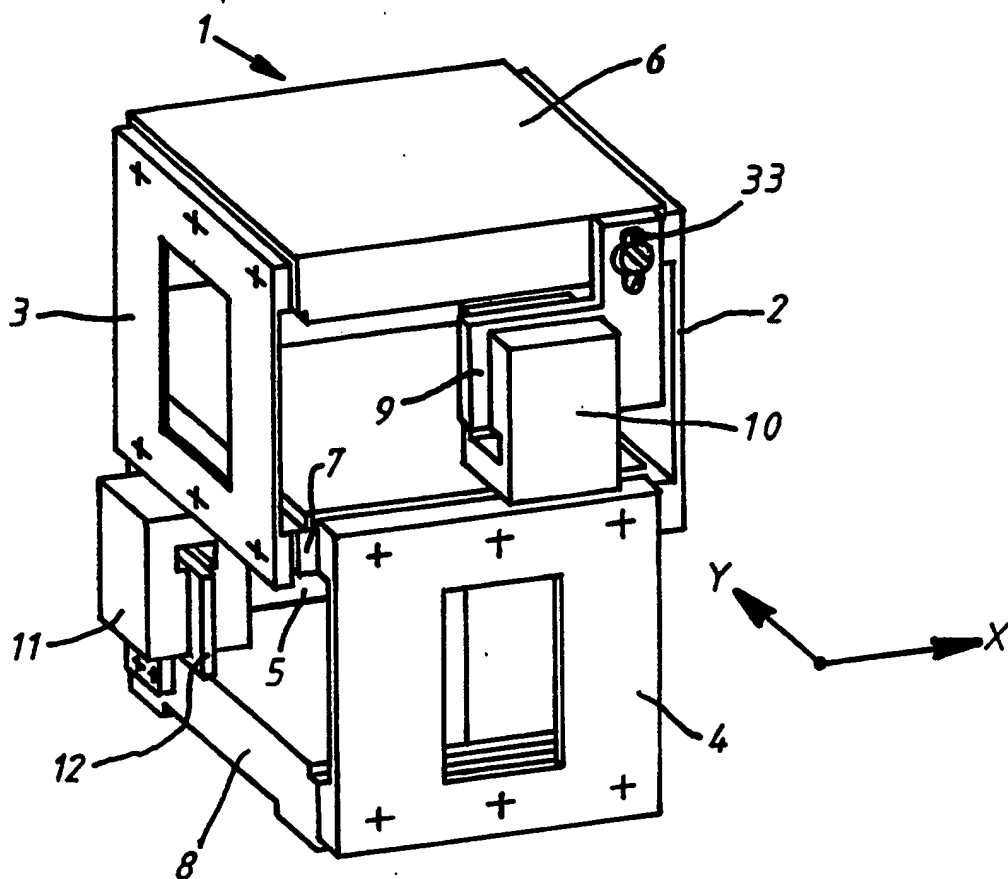


Fig. 1

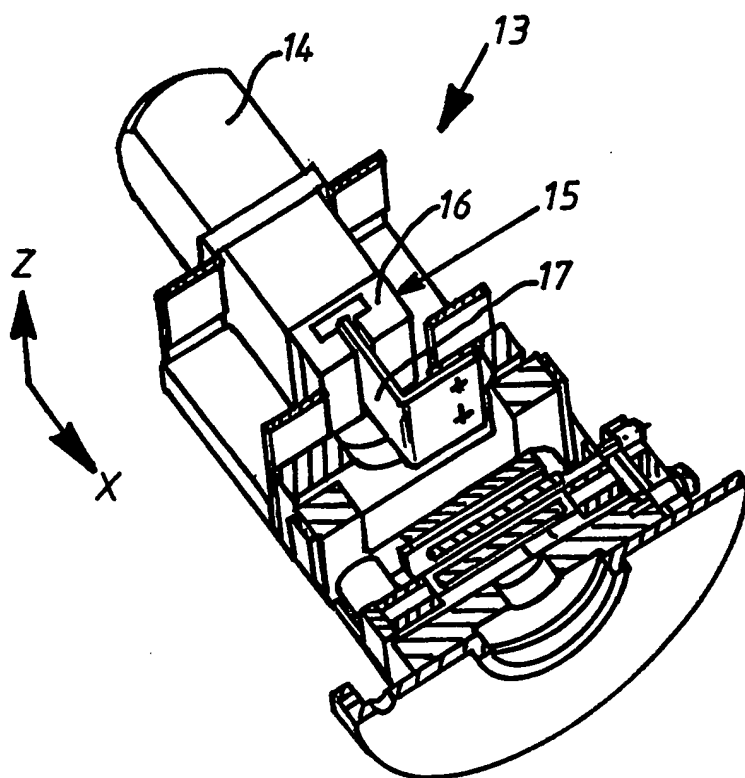
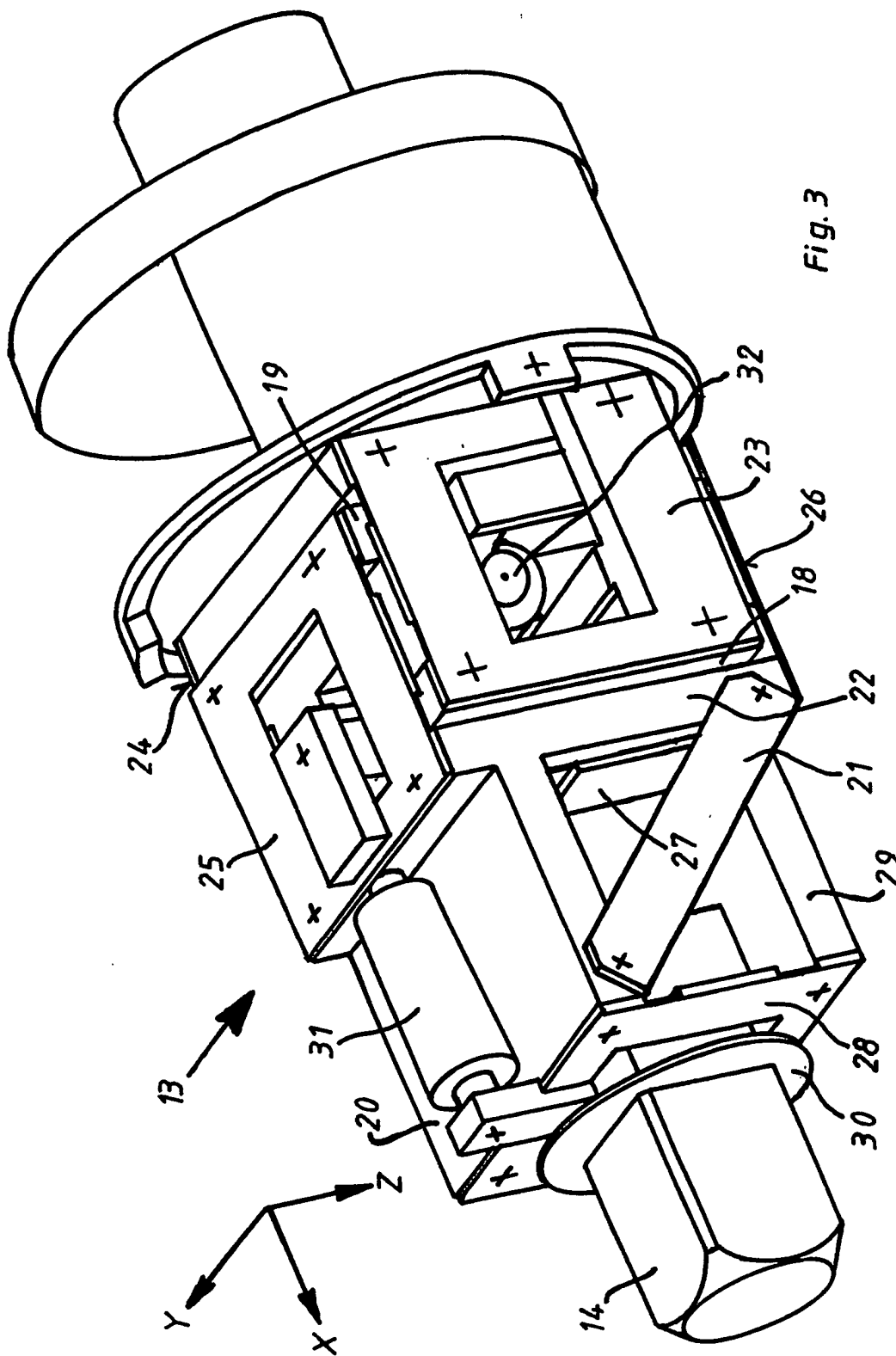


Fig. 2



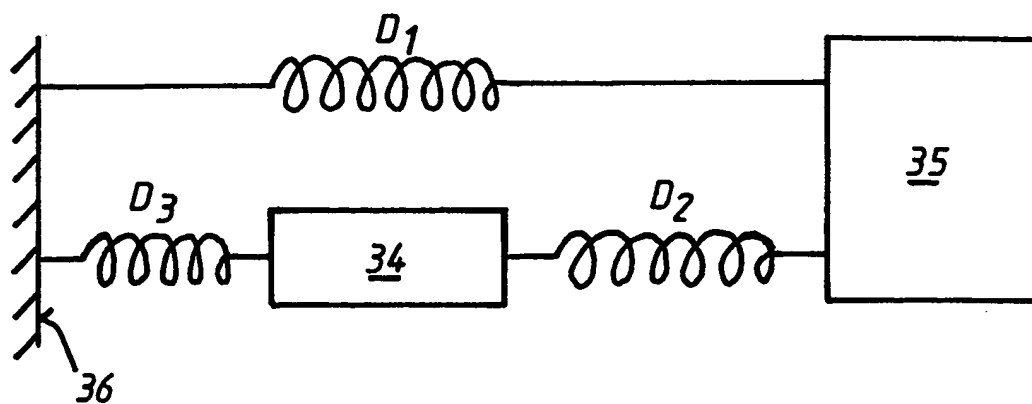


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.